

(51)

Int. Cl.:

B 29 d, 7/14

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

(52)

Deutsche Kl.:

39 a3, 7/14

(16)

(11)

(21)

(22)

(43)

Offenlegungsschrift 1947 903

Aktenzeichen: P 19 47 903.9

Anmeldetag: 22. September 1969

Offenlegungstag: 2. April 1970

Ausstellungspriorität: —

(31)

Unionspriorität

(32)

Datum:

23. September 1968

9. September 1969

(33)

Land:

V. St. v. Amerika

(31)

Aktenzeichen:

761565

857635

(54)

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zum Kaltumformen von Platten od. dgl. aus thermoplastischem Material

(51)

Zusatz zu: —

(52)

Ausscheidung aus: —

(71)

Anmelder:

Uniroyal Inc., New York, N.Y. (V. St. A.)

Vertreter:

Thieleke, Dipl.-Ing. Fritz; Döring, Dr.-Ing. Rudolf;
Fricke, Dr. Joachim; Patentanwälte,
3300 Braunschweig und 8000 München

(72)

Als Erfinder benannt:

Warshavsky, Mordechai Shmuel, New York, N. Y. (V. St. A.)

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960).

DT 1947903

BEST AVAILABLE COPY

© 3.70 009 814/1799

16/100

1947903

PATENTANWÄLTE

DIPL.-ING. F. THIELEKE
DR.-ING. R. DÖRING
BRAUNSCHWEIG

DIPL.-PHYS. DR. J. FRICKE
MÜNCHEN

1285

Uniroyal Inc.,
1230 Avenue of the Americas
New York, 20, New York, USA

Verfahren und Vorrichtung zum Kaltumformen von Platten
od.dgl. aus thermoplastischem Material

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kaltumformen von Platten, Tafeln, Bändern, Blättern od.dgl. aus thermoplastischem Material.

Im allgemeinen sind thermoplastische Materialien als solche Materialien angesehen, welche sich nur unter größten Schwierigkeiten kalt umformen lassen. Viele Metalle, z.B. Kupfer, Messing, Aluminium, Stahl und Blei lassen sich durch Kaltumformung verformen, z.B. durch Walzen, Prägen, Ziehen, Pressen, Drehen od.dgl. In all diesen Fällen wird das duktile Metall in eine gewünschte Form dadurch gebracht, daß auf das Metall eine Kraft ausgeübt wird, welche den Verformungswiderstand des Metalles überwindet. Wenn der gleiche Vorgang auf Kunststoffmaterialien angewendet wird, wird jedoch festgestellt, daß dabei Brüche oder Risse auftreten oder das Material die Kaltumformung rückgängig macht und wieder seine Form einnimmt, die es vor der Kaltumformung besessen hat. Dieses letztere Phänomen, das als elastisches Gedächtnis

009814/1799

BAD ORIGINAL

nis bezeichnet wird, tritt noch stärker auf, wenn höhere Temperaturen erreicht werden.

Es wurden viele Versuche unternommen, um thermoplastisches Material kalt umzuformen insbesondere bei Raumtemperatur. Man hat hierbei die von der Metallbearbeitung üblichen Werkzeuge verwendet. Das Ergebnis hat jedoch gezeigt, daß derartige thermoplastische Materialien nur sehr schlecht auf die Kaltverformung reagieren und entweder Einschnürungen, Risse oder auch Brüche bzw. nur eine geringe Ziehbarkeit zeigen.

Nachdem die Kaltumformung von thermoplastischen Materialien derartige Schwierigkeiten mit sich bringt, hat man zur Verformung dieser Materialien bereits das noch viskose geschmolzene Polymer unter Druck durch Strangpressen, Spritzgießen oder mit anderen anerkannten Techniken geformt.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren anzugeben, welches auf einfache Weise die Voraussetzung dafür schafft, daß auch thermoplastische Materialien ohne die beschriebenen Nachteile kalt umgeformt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zunächst das Ausgangsmaterial durch Zusammendrücken in seiner Dicke auf einen gewünschten Wert vermindert wird, wobei das Material auf

einer Temperatur unterhalb seiner Erweichungstemperatur gehalten wird, worauf das zusammengepreßte Material auf dem Wege des Kaltverformens in die gewünschte Werkstückform überführt wird. Wesentlich hierbei ist die Zusammendrückung des Materials bei Temperaturen unterhalb der Erweichungstemperatur unter gleichzeitiger Verminderung der Dicke. Überraschenderweise hat sich gezeigt, daß durch diese Vorbehandlung das Material ohne Schwierigkeit in die gewünschte Form kalt umgeformt werden kann, ohne daß die bisher auftretenden Schwierigkeiten in Erscheinung treten.

Es wurde festgestellt, daß dann, wenn die Zusammendrückungskräfte bei höheren Temperaturen aufgebracht werden, das thermoplastische Material sich entspannt, so daß eine Verformung außerordentlich schwierig wird. Das gilt insbesondere dann, wenn die Temperatur des thermoplastischen Materials die für das Material anerkannte Erweichungstemperatur erreicht. In diesem Falle entspannt das thermoplastische Blatt oder die Tafel in dem Umfange, daß eine Zusammendrückung nicht im geringsten die Kaltverformbarkeit der Tafel beeinflussen kann.

Vorteilhafterweise kann das Ausgangsmaterial durch Kaltwalzen auf die gewünschte Dicke zusammengepreßt werden.

Zwar kann für die Durchführung des neuen Verfahrens die Temperatur des thermoplastischen Materials ein wenig angehoben sein,

solange sie noch unterhalb der Erweichungstemperatur bleibt. Bevorzugt werden jedoch Temperaturen, die annähernd bei Raumtemperatur, also bei etwa 25°C und tiefer liegen.

Durch das neue Verfahren wird die Kaltumformung von thermoplastischem Material außerordentlich vereinfacht und läßt sich mit hoher Produktionsgeschwindigkeit durchführen, wobei gleichzeitig außerordentlich hochwertige geformte Werkstücke erhalten werden. Gleichzeitig lassen sich erhebliche Kosten an Ausrüstung verglichen mit den Spritzgußverfahren und ähnlichen Verfahren erreichen.

In einem Falle kann nach dem erfindungsgemäßen Verfahren das thermoplastische Material in einer biaxialen Weise gewalzt werden, indem es zunächst in einer Richtung kaltgewalzt wird, worauf die Tafel oder das Blatt um 90° gedreht und erneut gewalzt wird, wobei die beiden Walzrichtungen senkrecht aufeinanderstehen. Es wurde festgestellt, daß bei dieser Durchführungsweise des neuen Verfahrens alle bisher bei der Kaltumformung auftretenden Probleme vermieden werden konnten. Es konnte jedoch auch festgestellt werden, daß bei Zusammendrücken der Tafel durch Walzen in nur einer Richtung vor der Kaltumformung die Kaltverformbarkeit und das resultierende Werkstück wesentlich verbessert werden konnten. Die Verbesserung und Vorteile sind jedoch bei der einfachen Walzung nicht so auffallend wie

bei Werkstücken, die zuvor biaxial gewalzt worden sind.

Weiterhin wurde festgestellt, daß mit Vorteil die erforderliche Zusammendrückung auch mit Hilfe einer Presse vorgenommen werden kann. Wenn eine Tafel aus thermoplastischem Material in einer solchen Presse zusammengedrückt wird, ist der Druck gleich dem Verhältnis der von der Presse aufgebrauchten Kraft und der Fläche der thermoplastischen Tafel. Die maximale Größe der thermoplastischen Tafel, die zur Verminderung ihrer Dicke in einer Presse zusammengedrückt werden kann, wird durch die maximale Kraft bestimmt, die mit Hilfe der Presse aufgebracht werden kann. Aus diesem Grunde ist die Verwendung einer Presse zur Zeit wenigstens etwas eingeschränkt. Jedoch wurde festgestellt, daß die Kaltverformbarkeit solcher Tafeln aus thermoplastischem Material, welche durch Kaltzusammendrücken vorbereitet worden sind, ähnlich den Eigenschaften von thermoplastischen Tafeln ist, welche durch zweiachsiges Walzen vorbereitet worden sind. Die zusammengedrückten Tafeln zeigen deutlich wesentlich bessere Ergebnisse bei der Kaltumformung verglichen mit solchen thermoplastischen Materialien, die überhaupt nicht gewalzt oder nur in einer Richtung gewalzt worden sind. Die Wirkung der Presse auf das thermoplastische Tafelmaterial ist äquivalent der Wirkung, die erhalten wird, indem man die Tafel mehrachsig walzt. Wir haben festgestellt, daß es keine Unterschiede zwischen den kalt umgeformten Produkten gibt, welche

009814/1799

BAD ORIGINAL

aus kaltgepreßten Tafeln und auf kaltem Wege zweiachsig gewalzten Tafeln hergestellt worden sind.

Die günstige Wirkung der Zusammendrückung kann auch dadurch erreicht werden, daß man das thermoplastische Material auf kaltem Wege strangpreßt. Die Tafel wird dabei durch ein Formwerkzeug hindurchgedrückt, welches einen abgeschrägten oder sich im Querschnitt vermindern den Kanal aufweist, um die Dicke der Tafel zu vermindern. Wenn zusätzlich zu der Dickenverminderung das Strangpreßwerkzeug so ausgestaltet ist, daß sich die stranggepreßte Tafel in einer Richtung senkrecht zu der Strömungsrichtung, also in der Breite ausdehnen kann, ist die Wirkung im Endeffekt praktisch die gleiche wie bei einer zweiachsig gewalzten Tafel. Wenn das Strangwerkzeug so ausgebildet ist, daß eine Ausdehnung der Tafel in der Breite bei der Verminderung der Dicke nicht möglich ist, ist der Endeffekt etwa der gleiche wie bei in einer Richtung gewalzten Tafel.

Ein Vorteil des zweiachsigen kalten Strangpressens gegenüber dem zweiachsigen kalten Walzen besteht darin, daß im ersten Fall die Länge der thermoplastischen Tafeln oder Bänder, die behandelt werden, nicht beschränkt ist. Beim zweiachsigen Kaltwalzen ist die Breite der Walzen maßgebend für die maximale Größe der behandelten Tafeln.

009814/1799

BAD ORIGINAL

Nachfolgend wird die Erfindung anhand schematischer Zeichnungen an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht von einer ersten Ausführungsform einer Vorrichtung zum Ausführen des neuen Verfahrens.

Fig. 2 ist ein Querschnitt entlang der Schnittlinie 2-2 der Fig. 1.

Fig. 3 ist eine schematische perspektivische Ansicht eines anderen Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung, die für die Ausführung des Verfahrens geeignet ist.

Fig. 4 zeigt einen Querschnitt entlang der Schnittlinie 4-4 der Vorrichtung nach Fig. 3.

Fig. 5 veranschaulicht mit Hilfe von zwei Seitenansichten eine Formvorrichtung zum Kaltumformen nach dem Verfahren gemäß der Erfindung, wobei das zu verformende Werkstück in zwei verschiedenen Formungsphasen wiedergegeben ist.

Fig. 6 ist schließlich in ähnlicher Darstellung wie Fig. 5 die Ansicht einer Prüfeinrichtung.

Fig. 1 zeigt eine Strangpreßvorrichtung 100 mit einer Eintrittszone in Form eines Schlitzes 106 und einer Austrittszone in Form eines Schlitzes 108. Der Querschnitt der Eingangs- und Zuführungszone 106 des Strangpreßwerkzeuges ist annähernd entsprechend dem Querschnitt und der Größe der thermoplastischen Tafel 102, welche mit dem Werkzeug unterhalb der Erweichungstemperatur kalt zusammengedrückt werden soll. Der Einführungsabschnitt der Eintrittszone ist jedoch in nicht gezeigter Weise abgeschrägt, um den Eintritt der Führungskante der Tafel 102 in die Zone 106 zu erleichtern. Die Übergangszone 107 nimmt fortlaufend in ihrer Dicke ab, bis die gewünschte Zusammendrückung oder Dickenverminderung der Tafel zwischen der Eingangszone 106 und der Ausgangszone 108 erreicht ist.

Die Breite 110 der Durchtrittsöffnung des Strangwerkzeuges ist in allen drei Zonen einschließlich der Übergangszone 107 konstant, so daß das auf kaltem Wege stranggepreßte Material 103 die gleiche Breite wie die unbehandelte Tafel 102 gemäß Fig. 2 aufweist. Lediglich ist die Dicke der Tafel 102 durch Zusammendrückung beim Durchgang durch die Übergangszone 107 entsprechend vermindert. Das gezeigte Formwerkzeug 100 ist daher geeignet für eine Zusammendrückung in einer Richtung des thermoplastischen Materials.

Ein Satz von angetriebenen Walzen 101 und 101' wird so angetrieben, daß das thermoplastische Tafelmaterial 102 in der in

009814/1799

BAD ORIGINAL

Fig. 1 und 3 gezeigten Richtung vorgeschoben wird und schließlich in das entsprechende Strangwerkzeug eingeführt wird. Wenn die Tafel 102 durch die Strangwerkzeuge 100 bzw. 100' hindurchläuft, wird sie zusammengedrückt und taucht als ein auf kaltem Wege stranggepreßtes Material 103, 103' (Fig. 2 und 4) von verminderter Dicke aus dem Werkzeug wieder auf.

Im Falle des Formwerkzeuges 100' findet eine in zwei Richtungen wirkende kalte Strangpressung statt, da nicht nur die Dicke sondern auch die Breite 110' (Fig. 4) des sich verengenden Übergangsabschnittes 107' der Formhöhle verändert wird. Dabei nimmt die Breite in Richtung nach dem Austrittsende 108' zu. Diese Veränderung in der Breite zusammen mit der Veränderung der Dicke der Formhöhle gestattet es, daß sich die Tafel 102 während der Zusammendrückung der Dicke in der Zone 107 in Richtung der Breite ausdehnt.

Wie oben bereits angedeutet wurde, haben bestimmte thermoplastische Materialien die Eigenschaften, sich bis auf ihren natürlichen Ausgangszustand wieder zu entspannen, wenn sie bei erhöhten Temperaturen gewalzt werden. Hierbei gehen wieder alle Verbesserungen, die sonst für die Kaltverformung erzielt werden, verloren. Um diese Schwierigkeit zu vermeiden, müssen die Materialien während der Dickenverminderung oder Zusammendrückung auf Temperaturen gehalten werden, die deutlich unterhalb

der Erweichungstemperatur liegen. Sie sollten bei dieser Temperatur oder bei tieferer Temperatur gewalzt oder in anderer Weise zusammengedrückt werden. Während des Walz- oder Zusammendrückungsvorganges entsteht in dem Tafelmaterial aufgrund der Verformungswiderstände Wärme. Diese Wärmeentwicklung kann zu einem Temperaturanstieg führen, welcher bei bestimmten thermoplastischen Stoffen sogar die Erweichungstemperatur des unter dem Walzvorgang oder dem Zusammendrückungsvorgang stehenden Materials erreichen kann. Um zu vermeiden, daß diese unerwünschten Temperaturen erreicht werden, muß die Wärmeentstehung dadurch vermieden werden oder verringert werden, daß die Preßwalzen oder Preßplatten sorgfältig gekühlt werden. Die erhöhten Temperaturen können weiterhin dadurch vermieden werden, daß man den Walzvorgang sorgfältig ausdehnt, d.h. indem man mehrfache Walzgänge mit nur geringen Dickenreduzierungen während jedes Walzschrilles vornimmt oder indem man die Geschwindigkeit der Walzen entsprechend herabsetzt. Die Zunahme in der Zahl der Walzgänge vermindert wesentlich die Kraft, die von den Walzen aufgebracht werden muß und vermindert ebenso die Entstehung von Wärme.

Die Geschwindigkeit, mit der die Dicke des thermoplastischen Materials vermindert werden kann, wird durch die Wärmeleitfähigkeit des Materials sowie die Dicke der Tafel bestimmt. Wenn das thermoplastische Material gute Wärmeleitfähigkeit zeigt,

009814/1799

BAD ORIGINAL

oder wenn die anfängliche oder Ausgangsdicke nur eine geringe Dickenreduzierung verlangt, kann das Tafelmaterial rascher und mit höherem Prozentsatz bezüglich der Dickenverminderung behandelt werden, ohne daß die Gefahr des Entstehens einer übermäßigen Erwärmung zu befürchten ist.

Es sollte bemerkt werden, daß die thermoplastische Tafel, die zusammengedrückt und durch das Verfahren kalt umgeformt wird, eine einzige Tafel oder eine zusammengesetzte oder laminierte Tafel sein kann. Die zusammengesetzte Tafel kann aus Blättern des gleichen Materials bestehen oder kann aus verschiedenen Materialien kombiniert sein.

Wenn eine zusammengesetzte Tafel behandelt wird, kann irgendein geeignetes Mittel verwendet werden, um die individuellen Blätter od.dgl. miteinander zu verbinden. Hierzu kann beispielsweise ein Klebstoff verwendet werden. Ebenso kann zur Verbindung der Blätter auch ein Zusammenpressen der Blätter unter erhöhten Temperaturen angewendet werden.

Wir haben weiterhin bemerkt, daß die Technik des zweiachsigen Walzens des thermoplastischen Materials vorzugsweise so ausgeführt wird, daß beim Walzen in einer ersten Richtung etwa 50 % der erforderlichen Dickenverminderung erreicht wird, worauf in einer senkrecht dazu verlaufenden Richtung durch Walzen die weitere Dickenverminderung erhalten wird. Diese Technik führt

zu einem gewalzten Tafelmaterial von außerordentlich guten Eigenschaften im Gegensatz zu einem Verfahren, bei dem nach jedem Walzdurchgang die Richtungen gewechselt werden. Die Vorzüge liegen unter anderem darin, daß das zusammengedrückte thermoplastische Material eine geringere Welligkeit zeigt, als wenn nach jedem Walzdurchgang die Richtung geändert wird. Jedoch beeinflußt die Folge des Walzvorganges nicht wesentlich die Kaltverformbarkeit des kaltgewalzten Tafelmaterials.

Es wurde weiterhin festgestellt, daß Produkte, die vor ihrer Behandlung nach dem beschriebenen Verfahren behandelt werden, bevor sie kalt umgeformt werden, einen wesentlich verbesserten Widerstand gegen äußere Brüche zeigen, d.h. gegen Brüche, die auf der Einwirkung eines Lösungsmittels auf ein unter Spannung stehendes Material beruhen. Es wurde auch festgestellt, daß eine entschiedene Verbesserung in der Schlagfestigkeit des kalt umgeformten Produktes erzielt wird, wenn das thermoplastische Material gemäß dem neuen Verfahren vorbehandelt worden ist.

Ausgezeichnete Werkstücke wurden kalt umgeformt aus thermoplastischen Materialien wie Polypropylen, Polyvinylchlorid (PVC) von hohem oder niedrigem Molekulargewicht sowie von Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) von hohem oder niedrigem Molekulargewicht, wenn diese Materialien in Tafelform in ihrer Dicke um mehr als 50 % vermindert worden sind, bevor die Kaltumformung stattge-

funden hat. Wenn man diese Tafelmaterialien nur um 25 % oder weniger in ihrer Dicke zusammenpreßt, erhält man nach der Kaltumformung Artikel von weniger guten Eigenschaften, welche verschiedene der unerwünschten Charakteristiken der eingangs beschriebenen Art aufzeigen. In einigen Fällen wurde bemerkt, daß die besten Ergebnisse erzielt werden konnten, wenn man zunächst die Dicke der thermoplastischen Materialien etwa bis zu 75 % vermindert, während in bestimmten Fällen eine Reduktion der Dicke bis zu 90° zu den besten Ergebnissen im Hinblick auf die Kaltumformung führen. Bestimmte ABS-Zusammensetzungen, sowie Polypropylen und Polyäthylen sind Beispiele für die zuletzt genannte Gruppe. Andere thermoplastische Stoffe, wie insbesondere PVC und Teflon sind ungeeignet, um Dickenverminderungen von mehr als 70 % auszuhalten, so daß besondere Vorsicht angewandt werden muß, wenn diese Materialien für die Kaltumformung vorbereitet werden müssen.

Um die Kaltverformbarkeit zahlreicher thermoplastischer Materialien, die zur Verfügung stehen, zu testen, wurde ein neuer Napfziehversuch entwickelt, um gleichförmige Messungen zu erhalten. Dieser Test für thermoplastische Materialien ist ähnlich dem langbekannten Napfziehversuch, wie er zum Messen der Verformbarkeit von Metallen seit langen Zeiten verwendet wird. Bei dem bekannten Verfahren wird das Näpfchen in der folgenden Weise erzeugt: eine Scheibe mit dem Radius B wird zwischen einem Tiefziehwerkzeug und einem Zuschnittniederhal-

ter eingelegt. Diese Scheibe wird dann in das Formwerkzeug durch einen Formstempel mit dem Radius A hineingezogen. Ein Maß für die Verformbarkeit des Materials ist das begrenzende Ziehverhältnis, welches definiert wird als der maximale Wert von B/A , bei dem noch ein Näpfchen geformt werden kann. In dem neuentwickelten Test, der in Fig. 6 veranschaulicht ist, wird eine Scheibe aus thermoplastischem Material 4 mit einem Radius B zwischen einer Matrize 1 und einem Führungsglied 2 eingelegt. Um einen übermäßigen Druck auf die Scheibe zu vermeiden, wird ein Abstandsring 5 um die Scheibe 4 gelegt. Die Scheibe wird dann in die Matrize durch einen Stempel 3 vom Radius A hineingezogen. Für vorgegebene Werte von B und A bildet die Tiefe des geformten Näpfchens beim Auftreten des ersten Fehlers ein Maß für die Verformbarkeit. Zusätzlich zu der Tiefe des Näpfchens beim Auftreten eines Fehlers kann noch die Gleichförmigkeit der Dicke der Wände und die Tiefe des Näpfchens herangezogen werden, wenn eine Aufweitung oder eine Einschnürung auftritt. Dieser modifizierte Test unterscheidet sich von dem üblichen Napfziehversuch dadurch, daß ein Abstandsring vorgesehen ist, der verhindert, daß auf die zu testende Scheibe irgendein Druck ausgeübt wird, außer dem durch den Formstempel. Während ein metallisches Muster mehrere Male getestet werden muß, um den maximalen Wert des begrenzenden Ziehverhältnisses zu erhalten, brauchen die nach dem neuen Verfahren getesteten thermoplastischen Materialien nur einmal gemessen zu werden.

Der Abstandsring, wie er oben bei den Testversuchen beschrieben worden ist, findet auch mit Vorteil Anwendung bei der Herstellung von kaltgeformten Teilen. Wie in Fig. 5 schematisch dargestellt ist, wird eine thermoplastische Tafel 4 auf die obere Auflagefläche 1a einer Matrize 1 aufgelegt, so daß das Material die Ziehöffnung 7 abdeckt. Beim Ziehvorgang wird der Stempel 3 abgesenkt und drückt das thermoplastische Material 4 in die Öffnung 7. Während das plastische Material in die Formöffnung 7 durch den Stempel 3 eingezogen wird, treten in Umfangsrichtung wirkende Spannungen in dem verbleibenden Flansch des Ausgangsmaterials auf. Diese Spannungen können unerwünschte Faltungen des Flansches bewirken. Die übliche Lösung bei diesem Problem besteht darin, daß man das thermoplastische Ausgangsmaterial zwischen dem Niederhalter 2 und der Auflagefläche 1a der Matrize mit genügendem Druck einspannt, um ein Falten zu vermeiden. Es ist jedoch außerordentlich schwierig, den erforderlichen und geeigneten Druck auszuwählen und aufrechtzuerhalten. Wenn der Druck auf das plastische Material zu groß ist, wird das plastische Material zu fest gehalten und kann nicht genügend in die Öffnung fließen, so daß durch die entstehende Zugwirkung Fehler auftreten. Diese Schwierigkeiten ebenso wie die Gefahr einer Faltung des Flansches werden vermieden, indem man einen Abstandshalter 5a um den Zuschnitt aus thermoplastischen Material herum zwischen der Matrize 1 und einer Führung 2 einlegt. Der Abstandshalter 5a kann in Form

eines Abstandsrings ausgebildet sein, dessen Dicke nicht kleiner ist als die Dicke des Ausgangsmaterials 4. Vorteilhafterweise ist der Abstandsrings sogar geringfügig größer als die Dicke des thermoplastischen Tafelmateri- als. Durch Aufrechterhaltung des Abstandes zwischen der Auflagefläche 1a der Matrize 1 und der Führung 2, und zwar im wesentlichen gleich der Dicke des thermoplastischen Materials bzw. auf einen Wert, der nicht kleiner ist als die Dicke und nicht mehr als 10 % größer als die Dicke, wird erreicht, daß der Abschnitt des Tafelmateri- als 4, welcher den zentralen, die Formöffnung 7 abdeckenden Teil umgibt, sich relativ frei in Richtung auf die Öffnung während des Ziehvorganges bewegen kann, während gleichzeitig verhindert wird, daß nennenswerte Bewegungen des Flansches in Richtung senkrecht zu der Auflagefläche 1a auftreten. Der Führungsteil 2 und die Matrize werden fest zusammengespannt. Durch Verwendung des Abstandsrings 5a wird die Notwendigkeit der Einstellung eines Druckes auf das Ausgangsmaterial vermieden und gleichzeitig gewährleistet, daß ein Falten des Flanschbereiches des Ausgangsmaterials nicht auftreten kann. Es ist einzusehen, daß das Konzept auch auf andere Weise erhalten werden kann, soweit gewährleistet ist, daß ein erforderlicher ausreichender Abstand zwischen der Führung 2 und der Auflagefläche 1a aufrechterhalten wird. Selbstverständlich läßt sich das gleiche Prinzip auch bei solchen Zuschnitten oder Ausgangsmaterialien anwenden, die keine kreisförmige Umrißgestalt haben bzw. die nicht in eine gleichmäßige Schalenform umgeformt werden. So läßt sich bei-

009814/1799

BAD ORIGINAL

spielsweise die gleiche Maßnahme mit Vorteil auch bei rechteckförmigen Zuschnitten und Schalen mit rechteckförmigem Umriss verwenden.

In der bevorzugten Ausführungsform bei Verwendung des Abstandsrings 5a wird der Ziehvorgang beendet, bevor der Rand oder die Kante des Ausgangswerkstoffes die Einschnürung der Matrize erreicht. Wird dieser Punkt überschritten, wird die Wirkung der Aufrechterhaltung eines konstanten Abstandes vermindert und es können Faltungen auftreten.

Die folgenden Beispiele zeigen die Kaltumformbarkeit verschiedener thermoplastischer Materialien, bestimmt nach dem neuen Napfziehversuch. Es ist jedoch zu bemerken, daß diese Beispiele lediglich zur Illustration dienen und nicht als Beschränkung der nachfolgenden Ansprüche aufzufassen sind.

Beispielsreihe I

Bei den folgenden Beispielen wurden Näpfchen von 4,5 cm Durchmesser aus Scheiben von 10 cm Durchmesser geformt. Die Scheiben wurden aus natürlichen und kaltgewalzten Tafeln ausgeschnitten, wobei die maximale Tiefe der Näpfchen vor Auftreten von Brüchen als Maß für die Kaltverformbarkeit des Materials herangezogen werden kann. In der nachfolgenden Tabelle sind angegeben die Dicke der Tafeln vor und nach dem Kaltwalzen, der Prozentsatz

der Dickenverminderung, die Tiefe des Näpfchens beim Einschnürungspunkt, soweit eine Einschnürung aufgetreten ist, sowie die Tiefe des Näpfchens in dem Augenblick, indem eine Bruchstelle festgestellt wurde. In einigen Fällen trat ein Näpfchenbruch nicht auf, selbst bei einer Tiefe von 3,5 cm, welches die größte versuchte Tiefe ist. In diesen Fällen wurde durch das bekannte Zeichen angedeutet, daß der Wert größer als 3,5 cm ist.

Material	ursprüng- liche Dic- ke in Zoll	endgülti- ge Dicke in Zoll	Dickenver- minderung in % +	Tiefe in Zoll bei Auftreten von Ein- schnürung oder Auf- weitung	Tiefe in Zoll bei Auftreten von Bruch
ABS	.038 .048 .076 .126 .090 .126	.038 .040 .040 .063 .040 .040	0 17 47 50 55 68	.2 .42 .80 .75 x x	.2 .42 .85 .75 .92 1.22
PVC	.040 .050 .070 .090 .120	.040 .040 .040 .040 .040	0 20 43 55 67	x x x x x	.30 1.25-1.30 1.3 >1.4 >1.4
Polypropy- len	.038 .050 .058 .080 .090 .120	.038 .040 .040 .040 .040 .040	0 20 31 50 55 67	.22 .35 .50 .65 .65 x	.22 1.4 >1.4 >1.4 >1.4 >1.4
Teflon	.120 .250	.120 .120	0 52	.5 x	.7 1.1
Polysulfone	.060 .120	.060 .060	0 50	.3 x	.4 >1.4
Nylon	.070 .140	.070 .070	0 50	x x	.2 1.0
Styrol- Acrylnitril- Copolymer	.030 .060	.030 .030	0 50	0 x	0 0.5
Noryl	.032 .082	.032 .036	0 56	x x	0 >1.4
Polypheny- len-Oxide	.055 .085	.055 .050	0 41	x x	0.14 >1.4

x = keine Einschnürung + = Dickenverminderung durch biaxiales Walzen

Beispielsreihe II

In der folgenden Beispielsreihe wurden verschiedene thermoplastische Materialien unter Verwendung des neuen Napfziehversuches getestet. Diese Beispiele sind entweder in einer Richtung oder biaxial gewalzt worden oder unbehandelt, wie in der Tabelle im einzelnen angegeben worden ist. Alle Näpfchen, die aus dem Material geformt worden sind, hatten einen Durchmesser von 3,8 cm.

Material	Scheiben- durchmes- ser, Zoll	ursprüng- liche Dicke, Zoll	endgülti- ge Dicke, Zoll	Art der Walzung	Tiefe in Zoll bei Auftreten von Ein- schnürun- gen	Tiefe in Zoll bei Auf- treten von Bruch
ABS	3.3	.100	.050	Biaxial	x	7/8
	3.3	.100	.050	Uniaxial	.2	9/16
	3.3	.050	.050	ungewalzt	.15	7/16
PVC	3.75	.100	.050	Biaxial	x	kein Bruch
	3.75	.100	.050	Uniaxial	x	11/16
	3.75	.050	.050	ungewalzt	x	0
Teflon	3.3	.100	.050	Biaxial	x	kein Bruch
	3.3	.100	.050	Uniaxial	x	kein Bruch
	3.3	.050	.050	ungewalzt	.3	1 3/16
	3.75	.100	.050	Biaxial	x	1 9/16
	3.75	.100	.050	Uniaxial	x	kein Bruch+
Poly- sulfon	3.5	.100	.050	Biaxial	x	kein Bruch
	3.5	.100	.050	Uniaxial	x	kein Bruch
	3.5	.050	.050	ungewalzt	.1	5/8
	3.75	.100	.050	Biaxial	x	kein Bruch
	3.75	.100	.050	Uniaxial	x	1 Zoll
Nylon 66	3.0	.130	.070	Biaxial	x	kein Bruch
	3.0	.130	.070	Uniaxial	x	kein Bruch
	3.0	.070	.070	ungewalzt	x	11/16
Polycar- bonat	3.75	.100	.050	Biaxial	x	kein Bruch
	3.75	.100	.050	Uniaxial	x	kein Bruch
	3.75	.050	.050	ungewalzt	.4	1 3/16

+ = Die in einer Richtung gerollten Teflon-Tafeln zeigten ein starkes Zpfeln und die Tiefe des Nöpfchens an den flachen Punkten betrug weniger als 1,4 cm. Das Nichtauftreten eines Bruches darf in diesem Falle nicht zu dem Schluß verleiten, daß eine bessere Kaltverformbarkeit als bei den zweiachsig gewalzten Mustern vorliegt.

x = keine Einschnürung.

Beispielsreihe III

Bei der nachfolgenden Beispielsreihe wurden Lamellen von Tafeln aus verschiedenen thermoplastischen Materialien fest miteinander verbunden, kaltgewalzt in zweifachen Richtungen und dann in Näpfchen umgeformt.

IIIa : Eine Tafel in der Größe von 15 x 15 cm und einer Dicke von 1,5 mm aus Polyvinylchlorid wurde mit einer Tafel der gleichen Größe und der gleichen Dicke aus einem Acrylonitril-Butadien-Styrol-Copolymerharz durch Zusammenpressen der Blätter während 20 Minuten bei 177°C erfolgreich miteinander verbunden.

IIIb : Eine fünfschichtige Tafel wurde dadurch hergestellt, daß fünf Tafeln von 15 x 15 cm Größe während der Dauer von 20 Minuten bei 177°C zusammengepreßt wurden. Die einzelnen Blätter bestanden aus 0,375 mm Polyvinylchlorid, 1 mm ABS, 0,25 mm Polyvinylchlorid, 1 mm ABS und 0,375 mm Polyvinylchlorid. Die zusammengesetzte Tafel mit einer Dicke von 3 mm wurde biaxial kaltgewalzt bis zu einer Dicke von 1,5 mm und dann erfolgreich umgeformt.

IIIc : Eine Tafel von 15 x 15 cm Abmessung und 2,5 mm Dicke aus Polysulfon (Polyarylen-Polyether-Polysulphon-Harz) wurde mit einer Tafel von 15 x 15 cm Abmessung und 0,625 mm Dicke

aus ADS durch Anfeuchten der Flächen jeder Tafel mit einem Lösungsmittel (Dimethylformamid) und Zusammenpressen der Blätter verbunden. Das laminierte Material von 3,1 mm Dicke wurde dann kaltgewalzt auf eine Dicke von 1,5 mm und erfolgreich kalt umgeformt.

Beispielsreihe IV

Das auf kaltem Wege erfolgende biaxiale Strangpressen von thermoplastischen Materialien mit nachfolgender Kaltumformung führt zu den gleichen Ergebnissen wie die vorherige Walzung des Materials in zweifachen Richtungen.

IVa : Ein Streifen aus hochdichtem Polyäthylen, 8,9 cm breit und 2,5 mm dick wurde auf dem Wege des Strangpressens in zweifachen Richtungen verformt unter Verminderung der Dicke von 2,5 auf 1,27 mm (50 % Dickenverminderung), während die Breite von 8,9 auf 15,2 cm anstieg. Eine Scheibe mit einem Durchmesser von 8,2 cm aus dem stranggepreßten Material wurde durch die neue Napfziehmethode getestet. Die Ergebnisse dieses Testes sowie die Ergebnisse für den Test einer Scheibe von 8,2 cm Durchmesser aus einem Muster, welches durch Walzen in zweifacher Richtung vorbehandelt wurde, sind nachfolgend ausgeführt:

	ursprüngli- che Dicke in cm	endgülti- ge Dicke in cm	Tiefe in cm beim Auftreten einer Einschnü- rung	Tiefe in cm bei Auftreten eines Bruches	Bruch- kraft
stranggepreß- tes Polyäthylen	0,25	0,132	2,234	2,79	1020
gewalztes Polyäthylen	0,25	0,125	2,15	2,84	1020

IVb : Ein Streifen aus ABS-gummiplastischen Material wurde biaxial stranggepreßt zur Verminderung der Dicke von 2,5 auf 1,78 mm. Es wurden Tests über die Zugfestigkeit und die Schlagfestigkeit durchgeführt, welche identische Ergebnisse zeigten, wie Tests, bei denen ABS zunächst in zweifachen Richtungen kaltgewalzt und dabei in seiner Dicke von 2,5 mm auf 1,78 mm vermindert wurde.

Ansprüche

A n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Kaltumformen von Platten, Tafeln, Bändern oder Blättern aus thermoplastischem Material, dadurch gekennzeichnet, daß zunächst das Material durch Zusammendrücken in seiner Dicke auf einen gewünschten Wert vermindert wird, wobei das Material auf einer Temperatur unterhalb seiner Erweichungstemperatur gehalten wird, worauf das zusammengedrückte Material auf dem Wege des Kaltumformens in die gewünschte Werkstückform überführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangsmaterial durch Kaltwalzen auf die gewünschte Dicke zusammengedrückt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangsmaterial in wenigstens zwei verschiedenen Richtungen gewalzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke des Ausgangsmaterials mittels Kaltpressen vermindert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Dickenverminderung des Ausgangsmaterials bei etwa Raumtemperatur (25°C) erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß das Ausgangsmaterial zunächst durch Walzen in einer Richtung um die Hälfte des erforderlichen Wertes in seiner Dicke vermindert wird und die weitere Herabsetzung der Dicke durch Walzen in einer dazu um 90° versetzten Richtung erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 6, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß als Ausgangsmaterial ein aus mehreren Tafeln od. dgl. zusammengesetzter Schichtwerkstoff verwendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Zusammendrückung des Ausgangsmaterials auf die gewünschte Dicke auf dem Wege des kalten Strangpressens erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß man das Ausgangsmaterial während der Dickenverminderung sich verbreitern läßt.
10. Vorrichtung zum Ausführen des Verfahrens nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t durch eine Kaltpreß- oder Walzvorrichtung für das Ausgangsmaterial und eine Kaltumformvorrichtung für das unter Dickenverminderung zusammengepreßte Ausgangsmaterial.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10 mit einer aus Matrize und Formstempel bestehenden Umformvorrichtung, g e k e n n - z e i c h n e t durch eine Führung (2, 5 bzw. 5a), die anstelle eines Niederhalters der Auflagefläche (1a) der Matrize (1) zugeordnet ist, und durch welche die Matrizenöffnung (7) umgebende Bereiche des Werkstückes ohne merklichen Zwang so führbar sind, daß sie sich im wesentlichen frei auf die Matrizenöffnung zu, jedoch nicht in Richtungen quer zur Auflagefläche bewegen können.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Führung aus einem Abstandshalter (5 bzw. 5a) auf der Auflagefläche (1a) und einen die Matrizenöffnung (7) umgebenden, auf dem Abstandshalter aufliegenden Element (2) besteht.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Höhe des Abstandshalters (5 bzw. 5a) mindestens der Dicke des Werkstückes (4) entspricht.

V/L

009814/1799

Fig. 1.

-31.

Fig. 2.

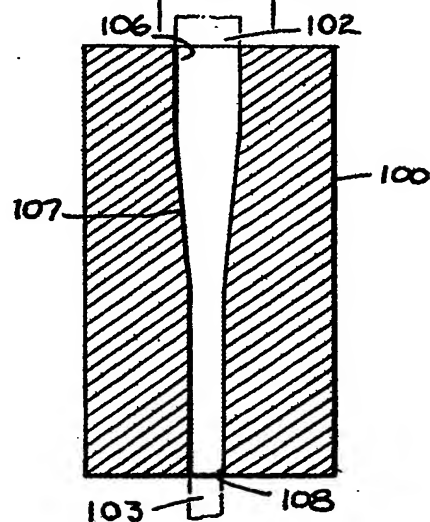
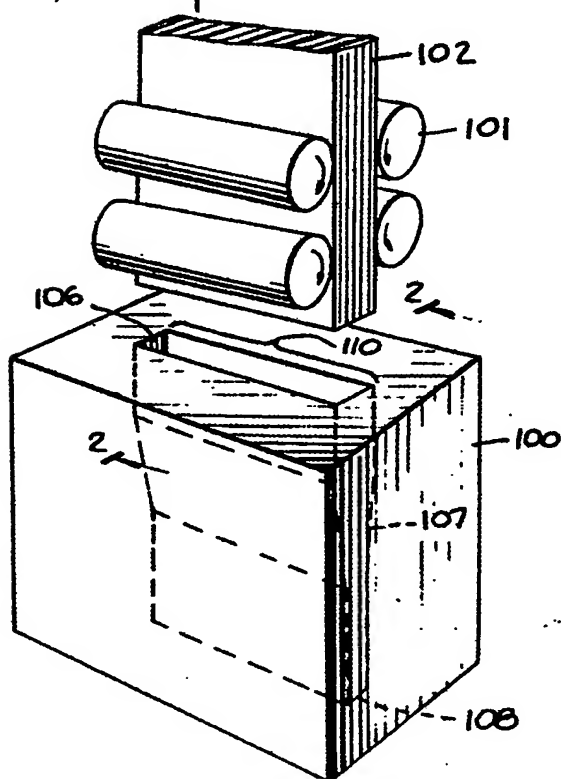


Fig. 3.

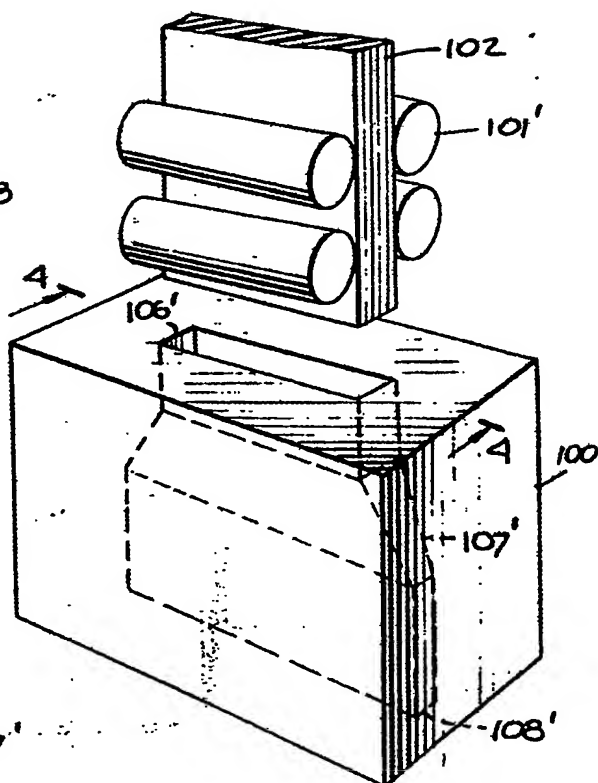
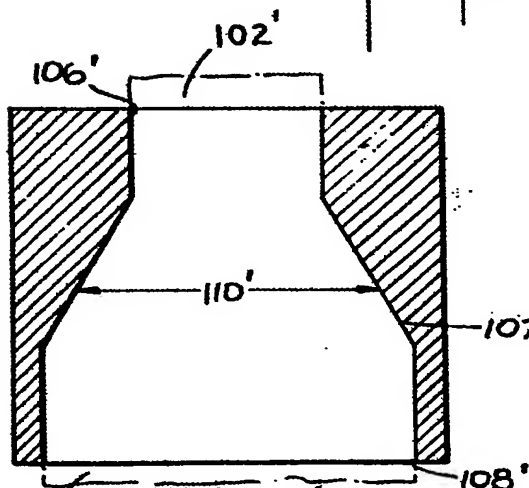


Fig. 4.

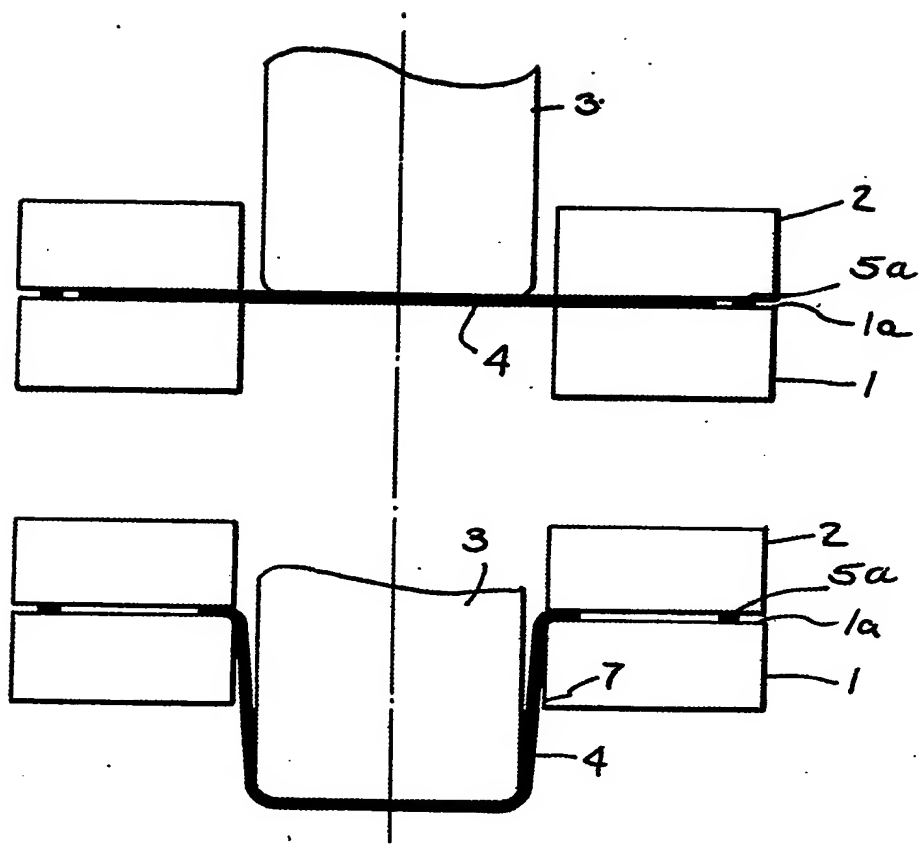
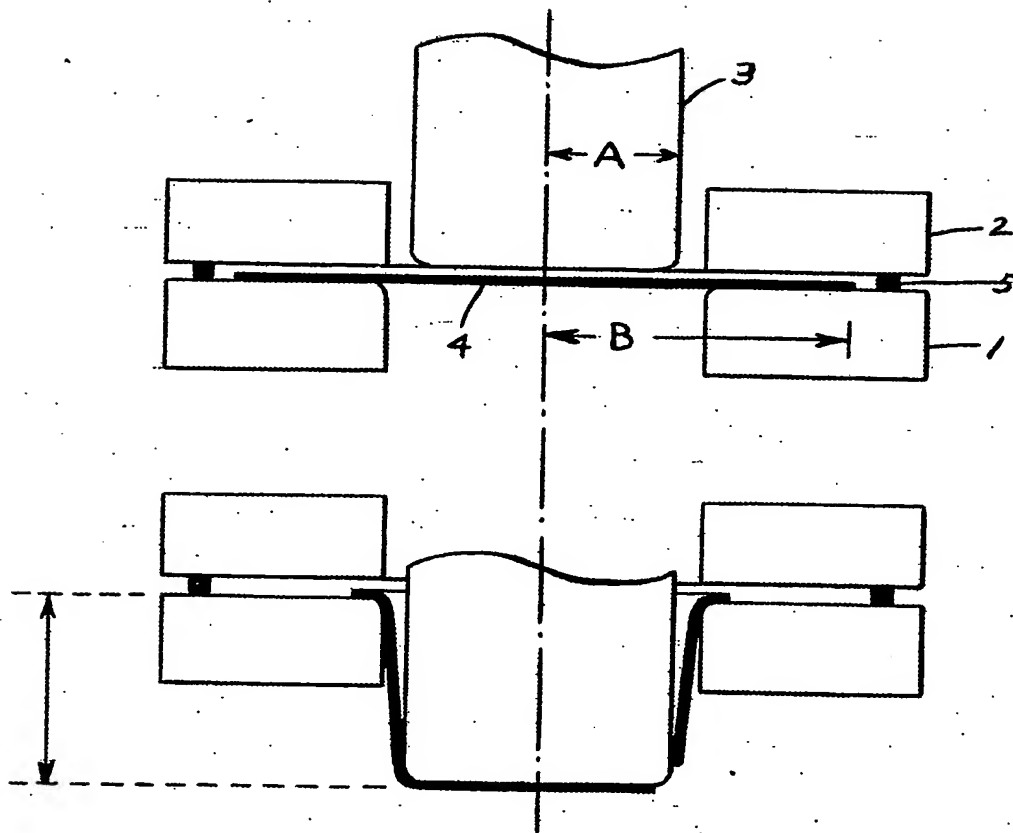


Fig. 5.

Fig. 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.